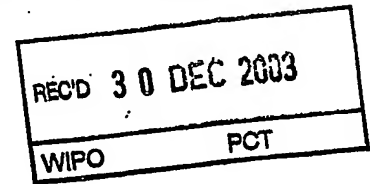


# BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 50 880.1

**Anmeldetag:** 31. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** CCS Technology, Inc., Wilmington, Del./US

**Bezeichnung:** Vorrichtung zur thermischen Behandlung wenigstens  
eines Lichtwellenleiters

**IPC:** G 02 B 6/255

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stark

## Beschreibung

Vorrichtung zur thermischen Behandlung wenigstens eines Lichtwellenleiters

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung wenigstens eines Lichtwellenleiters mit einer Strahlungsquelle und mit einem optischen System zur Lenkung eines von der Strahlungsquelle ausgestrahlten Strahls auf den Lichtwellenleiter.

10

Bei einem Verfahren zum thermischen Verspleißen von Lichtwellenleitern werden im allgemeinen zu verbindende Glasfasern durch eine Wärmequelle auf Schmelztemperatur erwärmt und dabei in Kontakt gebracht. Heutige Spleißgeräte benutzen in der Regel eine elektrische Glimmentladung als Energiequelle für den Spleißvorgang. Daneben kann auch ein Laser, vorzugsweise ein CO<sub>2</sub>-Laser, als Wärmequelle verwendet werden, der den Vorteil bietet, durch Formung des Strahlprofils am Ort der Spleißstelle und/oder durch Steuerung des Leistungsdichteprofiles durch Bewegen des Laserstrahls über der Spleißstelle die Form der Erwärmungszone beeinflussen zu können, wie beispielsweise in der bis zum Anmeldetag der vorliegenden Anmeldung noch nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldung 102 127 16.6 beschrieben. Während des Spleißvorgangs befinden sich die zu verspleißenden Lichtwellenleiter in einer Einflußzone der Laserstrahlung und werden dadurch auf Schmelztemperatur erwärmt. Für die Qualität der erreichten Spleißverbindung sind, neben anderen Parametern, sowohl die Intensität der Erwärmung der Lichtwellenleiter als auch die Größe der Erwärmungszone von Bedeutung.

20

25

30

35

Ein Problem bei der Verwendung eines Laserstrahls als Wärmequelle besteht darin, daß bei einseitigem Auftreffen des Laserstrahls auf die Lichtwellenleiter ein Temperaturgradient zwischen der dem Laserstrahl zugewandten Seite und der dem Laserstrahl abgewandten Seite der Lichtwellenleiter entsteht.

Dadurch ergibt sich eine Asymmetrie der Spleißstelle, die zu einem unvollständigen Verschweissen beider Enden der Lichtwellenleiter führen kann. Die Spleißqualität, gekennzeichnet insbesondere durch die auftretenden Kopplungsverluste und die Zugfestigkeit des Spleißes, verschlechtert sich bei einseitiger Erwärmung im allgemeinen.

Eine Lösung des Problems könnte darin bestehen, daß die Leistungsdichte am Ort des Spleißes in Verbindung mit der zeitlichen Steuerung der Laserleistung so eingestellt wird, daß der Temperaturgradient über den Faserquerschnitt verringert wird. Insbesondere kann dies durch eine Verringerung der Leistungsdichte in Verbindung mit einer Erhöhung der Spleißdauer erreicht werden. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, daß mit einer Erhöhung der Spleißdauer auch eine Vergrößerung der Erwärmungszone verbunden ist. Dies widerspricht sich mit der Idee, durch Verwendung eines Laserstrahls anstelle einer konventionellen Glimmentladung gezielt die Form der Erwärmungszone zu beeinflussen.

In US 4 263 495 ist ein Verfahren beschrieben, bei dem ein Laser als Energiequelle zum Verspleißen von Lichtwellenleitern verwendet wird. Bei diesem Verfahren wird eine Fokussierung des Laserstrahls vorgenommen, um eine ausreichende Leistungsdichte zu erhalten. Die Strahlung des Lasers wird durch Linsen bzw. Kombinationen aus Linsen und Spiegeln so gebündelt, daß sich ein Fokussierungsbereich, in dem die Strahlung auf die Lichtwellenleiter trifft, mit erhöhter Leistungsdichte ergibt. Die zu verspleißenden Glasfasern werden in diesem Fokussierungsbereich angeordnet, so daß die gewünschte Erwärmung der Lichtwellenleiter erzielt wird.

In diesem Dokument wird insbesondere vorgeschlagen, einen fokussierenden Spiegel zu verwenden, längs dessen Symmetrieachse die zu verspleißenden Fasern positioniert werden. Durch Verwenden eines kollimierten Laserstrahls, der parallel zur Symmetrieachse auf den Spiegel trifft und dessen Leistung

symmetrisch um die Symmetrieachse verteilt ist, werden die Lichtwellenleiter bzw. die Spleißstelle im Brennpunkt des Spiegels von allen Seiten erwärmt. Nachteilig an dieser Lösung ist, daß sich bei großer Spiegelbrennweite die Halterungen beider Fasern im optischen Strahlengang befinden, die wiederum zu einer Abschattung und damit zu einer ungleichmäßigen Erwärmung führen. Bei kurzer Spiegelbrennweite befindet sich der Spiegel so nahe an der Spleißstelle, daß beim Spleißprozeß abgedampft Material sich auf diesem niederschlägt und der Spiegel dadurch häufig gereinigt oder ausgewechselt werden muß.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung wenigstens eines Lichtwellenleiters anzugeben, mit der es ermöglicht ist, einen oder mehrere Lichtwellenleiter ohne die oben genannten Nachteile gleichmäßig zu erwärmen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung wird durch ein erstes optisches System ein Strahlprofil des ausgesandten Strahls erzeugt, wobei die Ausdehnung des Strahlprofils quer zu einer Längsachse des oder der Lichtwellenleiter mindestens dem Zweifachen eines Durchmessers eines Lichtwellenleiters entspricht. Der oder die Lichtwellenleiter sind in Richtung quer zu einer Längsachse eines der Lichtwellenleiter im Fokussierungsbereich des Strahls, innerhalb dessen die Strahlung auf den oder die Lichtwellenleiter trifft, vollständig außerhalb einer Mitlenachse des Strahlprofils positioniert. Mit einem zweiten optischen System, das in Richtung des Strahlengangs des Strahls hinter dem oder den Lichtwellenleitern positioniert ist, wird die seitlich an dem oder den Lichtwellenleitern vorbei transmittierte Strahlung reflektiert und auf den oder die Lichtwellenleiter von einer zweiten Seite gelenkt. Auf diese Weise werden der oder die Lichtwellenleiter von zwei

Seiten, vorzugsweise zwei entgegengesetzten Richtungen, von der Strahlung getroffen und erwärmt. Dabei ist das von der einen Seite auftreffende Leistungsdichteprofil vorzugsweise annähernd gleich dem Leistungsdichteprofil, das von der anderen Seite auf den oder die Lichtwellenleiter trifft.

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung ist bevorzugt verwendbar für das Verspleißen von mehreren Lichtwellenleitern, insbesondere für das Verspleißen von zwei Lichtwellenleitern, wie einleitend näher beschrieben. Die Vorrichtung ist jedoch auch zur thermischen Behandlung eines oder mehrerer Lichtwellenleiter allgemein geeignet, insbesondere zur thermischen Expansion eines Faserkerns oder zum Vergrößern oder Verkleinern des Faserdurchmessers (sogenanntes "Tapern") eines Lichtwellenleiters.

Mit der Erfindung ist es vorteilhaft ermöglicht, ein einfaches optisches System bereitzustellen, das die Strahlung, bei einer geeigneten Form und Lage des Strahlprofils an der Position des oder der Lichtwellenleiter, aus zwei Richtungen, vorzugsweise entgegengesetzten Richtungen mit annähernd gleicher Leistungsdichte, auf den oder die Lichtwellenleiter richtet. Dabei kann die Vorrichtung so angeordnet werden, daß der oder die Lichtwellenleiter aus beiden Richtungen an der gleichen Position entlang der Längsachse getroffen werden. Die Auslegung erfolgt dabei insbesondere dergestalt, daß dies auch der Fall ist, wenn der Auftreffpunkt der Strahlung auf den oder die Lichtwellenleiter entlang dessen/deren Längsachse(n) bewegt wird.

30

Das zweite optische System ist insbesondere derart ausgelegt, daß es das von der Strahlungsquelle ausgestrahlte Strahlprofil in einer Ebene parallel zu einer Lichtwellenleiter-Längsachse andersartig abbildet als in einer Ebene quer zu der Lichtwellenleiter-Längsachse. Insbesondere ist das zweite optische System dergestalt ausgebildet, daß es das Strahlprofil in der Ebene parallel zu der Lichtwellenleiter-Längsachse

nicht invertierend abbildet und in der Ebene quer zu der Lichtwellenleiter-Längsachse invertierend abbildet, dabei insbesondere jeweils im annähernden Verhältnis von 1 : 1.

- 5 Weitere vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

10 Die Erfindung wird im folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren, die bevorzugte Ausführungsbeispiele zur vorliegenden Erfindung darstellen, näher erläutert.

Nachfolgend werden die Vorteile und bevorzugten Aus- und Weiterbildungen der Erfindung anhand einer bevorzugten Ausführung der Vorrichtung für das Verspleißen von mehreren Lichtwellenleitern beschrieben. Analoges gilt jedoch auch für eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung nur eines Lichtwellenleiters.

Es zeigen:

20

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Abbildung einer von einem Laser ausgesandten Laserstrahlung auf zu verspleißende Lichtwellenleiter,

25

Figur 2 eine schematische Darstellung des Strahlprofils am Ort der Lichtwellenleiter beim ersten Auftreffen, nach Transmission und nach Rückabbildung auf die Lichtwellenleiter,

30

Figur 3 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung bezüglich des zweiten optischen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiter,

35

Figur 4 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung bezüglich des zweiten opti-

schen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiter,

Figur 5 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der Erfindung bezüglich des zweiten optischen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiter,

Figur 6 eine schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform der Erfindung bezüglich des zweiten optischen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiter,

Figur 7 eine schematische Darstellung mehrerer Ausführungsbeispiele für das Verspleißen von mehreren, nebeneinander liegenden Lichtwellenleitern,

Figur 8 eine Prinzipskizze bezüglich einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

In Figur 1 ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigt. Dargestellt ist eine Laserstrahlquelle 3 und ein erstes optisches System 10 zum Lenken und vorzugsweise Fokussieren eines von der Laserstrahlquelle ausgestrahlten Laserstrahls 8 auf die Lichtwellenleiterfasern 1 und 2. Das erste optische System 10 beinhaltet auch die Strahlungsoptik des Lasers zum Lenken des Laserstrahls.

Die Figur 1 zeigt beispielhaft eine Abbildung des Laserstrahls 8 auf die zu verspleißenden Fasern aus zwei ortogonalen Richtungen. In der Richtung entlang der Längsachsen der Fasern 1, 2 kann der Laserstrahl 8 in Längsrichtung derselben verschoben werden, insbesondere periodisch bewegt werden (Bewegungsrichtung 70 der Laserstrahlung 8). Hierzu dient eine schematisch dargestellte Antriebseinrichtung 7, die eine optische Komponente in Form einer Linse 11 derart bewegt, daß

eine Position eines Fokussierungsbereiches des Laserstrahls, innerhalb dessen die Strahlung auf die Lichtwellenleiterfasern trifft, in Längsrichtung derselben periodisch verschoben wird. Diesbezüglich ist in Figur 1 nur eine einfache Ausführungsform gezeigt, wobei auch denkbar wäre, den Laserstrahl 8 über eine optische Komponente in Form eines entsprechenden Spiegels abzulenken, und einen solchen Spiegel über eine entsprechende Antriebseinrichtung periodisch zu bewegen. Ein solcher Spiegel kann sich im Strahlengang vor oder hinter der Linse befinden.

Die Linse 11 bzw. das zur Abbildung verwendete optische System 10 ist so ausgelegt, daß am Ort der Fasern 1, 2 die Ausdehnung des Strahlprofils des Laserstrahls 8 quer zur Längsachse der Fasern mindestens doppelt so groß ist, wie der größte Durchmesser der Fasern.

Weiterhin ist in Figur 1 ein Koordinatensystem bestehend aus X-Achse, Y-Achse und Z-Achse dargestellt. Die X-Achse verläuft parallel zur Längsachse der Fasern, die Z-Achse senkrecht dazu. Wiederum senkrecht zur X-Achse und Z-Achse verläuft die Y-Achse in einer dritten Dimension. Die optische Achse des optischen Systems 10 ist mit OA1 bezeichnet.

In Figur 2 ist eine schematische Darstellung des Strahlprofils der Laserstrahlung 8 am Ort der Lichtwellenleiter beim ersten Auftreffen (Figur 2a), nach Transmission (Figur 2b) und nach Rückabbildung auf die Lichtwellenleiter (Figur 2c) gezeigt. Wie aus Figur 2a ersichtlich, befinden sich die Fasern 1, 2 in Richtung quer zur Faserlängsachse LA vollständig außerhalb der Mittenachse A des vorzugsweise symmetrischen Strahlprofils 4 der Laserstrahlung. Die Fasern 1, 2 weisen einen Faserdurchmesser  $d_f$  auf. Die Fasern 1, 2 befinden sich dabei oberhalb oder unterhalb der Mittenachse A des Strahlprofils 4. In Figur 2b ist das durch die Fasern bzw. seitlich an den Fasern vorbei transmittierte Strahlprofil 5 dargestellt, wobei ein Teil der Laserstrahlung durch die Fasern



absorbiert wurde (heller Teil des dargestellten Strahlprofils 5). Durch ein geeignetes zweites optisches System wird die Laserstrahlung ein zweites Mal auf die Fasern 1, 2 abgebildet und trifft aus der entgegengesetzten Richtung auf die Fasern.

5 Das resultierende Strahlprofil 6 am Ort der Fasern ist in Figur 2c dargestellt. Hierbei trifft die Strahlung, die nach der ersten Abbildung seitlich an den Fasern transmittiert wurde, nach der zweiten Abbildung auf die Fasern 1, 2.

10 In Figur 3 ist eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung bezüglich des zweiten optischen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiterfasern gezeigt. Das zweite optische System  
15 20 zur Rückabbildung der Laserstrahlung weist einen Planspiegel 22 und eine asphärische Linse 21 auf, wobei die Linse 21 zwischen den Fasern 1, 2 und dem Planspiegel 22 angeordnet ist. Die asphärische Linse 21 weist zwei unterschiedliche Brennweiten  $f_x$  und  $f_y$  in der XZ-Ebene parallel zu den Faserlängsachsen bzw. in der YZ-Ebene quer zu den Faserlängsachsen auf. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist in der XZ-Ebene parallel zu den Faserlängsachsen der Abstand zwischen Linse 21 und den Fasern 1, 2 gleich dem Abstand zwischen der Linse 21 und dem Spiegel 22. Die Brennweite  $f_x$  der Linse 21 in dieser Ebene beträgt die Hälfte dieses Abstandes. Dadurch wird  
25 in dieser Ebene eine nicht invertierende Abbildung des Strahlprofils ungefähr im Maßstab 1 : 1 auf die Fasern erreicht. Auch bei einer Auslenkung des Laserstrahls längs der Faserlängsachsen, wie in Figur 3a dargestellt, trifft in dieser Ebene die Strahlung nach der zweiten Abbildung durch das  
30 zweite optische System 20 die Fasern 1, 2 an der gleichen Position, wie bei der ersten Abbildung mittels dem ersten optischen System 10 gemäß Figur 1.

35 In der YZ-Ebene quer zu den Faserlängsachsen ist die Brennweite  $f_y$  der asphärischen Linse 21 im wesentlichen gleich dem Abstand der Linse zu den Fasern (Figur 3b). Dadurch wird in dieser Ebene eine invertierende Abbildung des Strahlprofils

ungefähr im Maßstab 1 : 1 auf die Fasern erreicht. Dies hat zur Folge, daß die Laserstrahlung, die bei der ersten Abbildung gemäß Figur 1 seitlich an den Fasern transmittiert wurde, nach der zweiten Abbildung durch das optische System 20 auf die Fasern trifft.

Zu den vorgenannten Abständen des Ausführungsbeispiels gemäß Figur 3 sowie zu den Abständen der nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispiele ist zu bemerken, daß diese Abstände nicht zwingend sind. Vielmehr ist durch eine geeignete Auslegung des optischen Systems eine Verkleinerung der ausgesandten Laserstrahlung auf dem reflektierenden Spiegel möglich, wobei das verkleinerte Abbild bei der Rückabbildung auf die Fasern wieder entsprechend vergrößert wird. Entsprechend sind die Abstände zwischen den optischen Komponenten einzustellen. Weiterhin ist festzuhalten, daß die genannten Abstände zwischen den optischen Elementen und den Fasern nur ungefähre Werte darstellen, die sich bei genauer Auslegung der optischen Abbildung ändern können. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die Dicken der Linsen von Bedeutung. Nach bisheriger Erkenntnis ist davon auszugehen, daß sich die Abstände im Bereich von etwa 10% aufgrund der erwähnten genauen Auslegung ändern können.

In Figur 4 ist eine weitere schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung bezüglich des zweiten optischen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiterfasern gezeigt. Dieses besonders günstige Ausführungsbeispiel bezüglich des zweiten optischen Systems 30 enthält als optische Elemente einen Planspiegel 33 sowie zwei Zylinderlinsen 31 und 32. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Abstand der Linse 31 zu den Fasern 1, 2 gleich dem Abstand der Linse 31 zu dem Spiegel 33. Die Brennweite  $f_{31}$  der Linse 31 in der XZ-Ebene parallel zu den Faserachsen entspricht der Hälfte dieses Abstands. Die zweite Linse 32 besitzt in der XZ-Ebene keine Brechkraft. In dieser Ebene wird dadurch eine nicht invertierende Abbildung des

Strahlprofils annähernd im Maßstab 1 : 1 auf die Fasern erreicht.

In der YZ-Ebene quer zu den Faserachsen besitzt die zweite  
5 Linse 32 eine Brennweite  $f_{32}$ , die ihrem Abstand zu den Fasern 1, 2 entspricht. Der Abstand  $a$  zwischen der Linse 32 und dem Spiegel 33 ist dabei innerhalb praktikabler Grenzen beliebig. Es ist auch möglich, die Linse 32 vor der Linse 31 zu positionieren ( $a > 2f_{31}$  bzw.  $f_{32} < 2f_{31}$ ). Die Linse 31 besitzt in  
10 der YZ-Ebene keine Brechkraft. In dieser Ebene wird dadurch eine invertierende Abbildung annähernd im Maßstab 1 : 1 auf die Fasern erreicht.

In Figur 5 ist eine schematische Darstellung eines dritten  
15 Ausführungsbeispiels der Erfindung bezüglich des zweiten optischen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiterfasern gezeigt. Dieses ebenfalls besonders günstige Ausführungsbeispiel des zweiten optischen Systems 40 weist eine Zylinderlinse 41 sowie einen in der YZ-Ebene kon-  
20 kaven Zylinderspiegel 42 auf. Der Abstand der Zylinderlinse 41 zu den Fasern 1, 2 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel gleich dem Abstand der Linse 41 zu dem Spiegel 42. Die Brennweite  $f_{41}$  der Linse 41 in der XZ-Ebene parallel zu den Faserlängsachsen entspricht der Hälfte dieses Abstands. Der Spiegel 42 besitzt in dieser Ebene keine fokussierende Wirkung,  
25 das heißt er ist in der XZ-Ebene plan ausgeführt. In dieser Ebene wird dadurch eine nicht invertierende Abbildung des Strahlprofils annähernd im Maßstab 1 : 1 auf die Fasern erreicht.

30 In der YZ-Ebene quer zu den Faserlängsachsen besitzt der Spiegel 42 eine Brennweite  $f_{42}$ , die im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Hälfte des Abstandes des Spiegels 42 zu den Fasern 1,2 entspricht (Figur 5b). Die Zylinderlinse 41 be-  
35 sitzt in der YZ-Ebene keine Brechkraft. In dieser Ebene wird dadurch eine invertierende Abbildung durch das optische System 40 annähernd im Maßstab 1 : 1 auf die Fasern erreicht.

In Figur 6 ist eine weitere schematische Darstellung einer vierten Ausführungsform der Erfindung bezüglich des zweiten optischen Systems zur Rückabbildung der Laserstrahlung auf die Lichtwellenleiterfasern gezeigt. Dieses Ausführungsbeispiel bezüglich des zweiten optischen Systems 50 enthält als optische Elemente einen Planspiegel 53 sowie eine Zylinderlinse 52 und eine sphärische Linse 51. Die sphärische Linse 51 hat in beiden Ebenen xz und yz eine gleiche Brechkraft  $f_{51x}$  und  $f_{51y}$ . Die Zylinderlinse 52 hat vorzugsweise in der yz-Ebene keine Brechkraft. Die Brennweite der sphärischen Linse 51 ist in diesem Beispiel im wesentlichen gleich dem Abstand dieser Linse zu den Lichtwellenleitern. Der Abstand zwischen der Linse 51 und dem Spiegel 53 ist dabei innerhalb praktikabler Grenzen beliebig.

Es wäre auch der Einsatz einer defokussierenden Zylinderlinse in Kombination mit einer fokussierenden sphärischen Linse denkbar. In diesem Fall hätte die Zylinderlinse in der xz-Ebene keine Brechkraft. In der yz-Ebene ergäbe sich dann eine resultierende Brennweite aus beiden Linsen. Der Abstand eines zu der Summe beider Linsen äquivalent wirkenden Elements zu den Lichtwellenleitern wäre gleich dieser resultierenden Brennweite.

In Figur 7 ist eine schematische Darstellung mehrerer Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung für das Verschweissen von mehreren nebeneinander liegenden Lichtwellenleiterfasern gezeigt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dabei derart ausgelegt, daß mehrere nebeneinander angeordnete Lichtwellenleiter 101 bis 103, die beispielsweise ein Faserbändchen bilden, mit entsprechend gegenüberliegenden Lichtwellenleiterfasern 201 bis 203 parallel verschweißbar sind. Damit können alle Fasern zweier Lichtwellenleiter-Faserbändchen gleichzeitig miteinander verschweißt werden. Hierzu kann eine optische Anordnung, wie vorstehend anhand der erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben, im Prinzip unverändert verwendet wer-

den. Lediglich das Strahlprofil der ersten optischen Abbildung der Laserstrahlung am Ort der Lichtwellenleiterfasern ist entsprechend auszulegen. Hierzu sind zwei mögliche Ausführungsbeispiele exemplarisch für drei Faserpaare in Figur 7 dargestellt.

In Figur 7a entspricht der Abstand  $ab$  zwischen zwei nebeneinanderliegenden Fasern 101 und 102 mindestens dem größten Durchmesser  $df$  der Fasern. Die Ausdehnung  $Wy$  des Strahlprofils quer zu den Faserachsen entspricht mindestens der Summe der Durchmesser  $df$  aller nebeneinander liegender Lichtwellenleiter 101 bis 103 bzw. 201 bis 203 und der zwischenliegenden Abstände  $ab$ . Auch der äußersten Faser 103 bzw. 203 ist ein entsprechender Abstand zugeordnet, das heißt, das Strahlprofil 4 erstreckt sich über den äußersten Lichtwellenleiter 103, 203 um eine Länge in Größe mindestens eines Durchmessers  $df$  einer Faser hinaus. Die Fasern sind derart angeordnet, daß bei Spiegelung um die horizontale Mittenachse A des Strahlprofils 4 jede gespiegelte Faser in einem Zwischenraum zwischen zwei nicht gespiegelten Fasern zu liegen kommt.

In dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7b befinden sich die Faserpaare jenseits der Mittenachse A des Strahlprofils 4, das heißt entweder oberhalb oder unterhalb der horizontalen Mittenachse A. Die Ausdehnung  $Wy$  des Strahlprofils quer zu den Faserlängsachsen entspricht mindestens der zweifachen Summe der Durchmesser aller nebeneinander liegender Fasern und der dazwischenliegenden Abstände.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Verspleißen von Lichtwellenleitern gemäß der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele werden die zu verspleißenden Lichtwellenleiterfasern aus zwei entgegengesetzten Richtungen von der Laserstrahlung mit annähernd gleicher Leistungsdichte getroffen und erwärmt. Damit kann die Spleißqualität, gekennzeichnet insbesondere durch Kopplungsverluste und die Zugfestigkeit des Spleißes, im Vergleich zu einer einseitigen Erwärmung

verbessert werden. Durch das optische System wird dabei erreicht, daß die Laserstrahlung aus beiden Richtungen an der gleichen Position entlang der Faserlängsachsen auf die Fasern trifft. Dies ist insbesondere auch dann der Fall, wenn der Auftreffpunkt der Laserstrahlung auf die Fasern entlang der Faserachsen bewegt wird, wie insbesondere in Figur 1 schematisch dargestellt.

Insbesondere beim Verschweissen von mehreren Fasern ist ein Strahlprofil am Ort der Fasern besonders vorteilhaft, dessen Ausdehnung und Leistungsdichte in Richtung der Faserlängsachsen an jeder Position quer zu den Faserlängsachsen annähernd gleich groß ist. Dies kann beispielsweise mittels eines diffraktiv wirkenden optischen Elements erreicht werden, das beispielsweise mit der Linse 11 gemäß Figur 1 kombiniert ist. Der große Vorteil einer diffraktiv wirkenden optischen Anordnung besteht darin, daß die Strahlform und damit die Leistungsverteilung im Fokussierungsbereich durch die Gestaltung des diffraktiv wirkenden optischen Elements in weiten Grenzen an die individuellen Bedingungen der Spleißanordnung angepaßt werden kann. Die Wirkungsweise eines diffraktiv wirkenden optischen Elements beruht dabei auf der Beugung von Lichtwellen an feinen Strukturen.

In allen beschriebenen Ausführungsbeispielen kann es vorteilhaft sein, wenn innerhalb der YZ-Ebene quer zu den Faserlängsachsen ein geringer Winkel  $\alpha$  zwischen der optischen Achse OA1 des ersten optischen Systems und der optischen Achse OA2 des zweiten optischen Systems vorgesehen wird, wie anhand von Figur 8 in Verbindung mit den Figuren 1 und 3 schematisch dargestellt. Dadurch kann eine Rückreflexion von Laserstrahlung in die Laserstrahlquelle vermieden oder reduziert werden.

Anstelle jedes in den Ausführungsbeispielen genannten optischen Elements (Linse, Spiegel) kann jeweils auch eine analog wirkende Kombination von optischen Elementen verwendet wer-

den, die in ihrer Summenwirkung im wesentlichen die gleichen relevanten Eigenschaften aufweist wie das jeweilige Element. Dies kann insbesondere zum Ausgleichen von Abbildungsfehlern vorteilhaft sein.

5

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können auch Fasern mit unterschiedlichen Außendurchmessern miteinander verschweißt werden. Dabei können unterschiedliche Außendurchmesser sowohl zwischen zwei zu verschweißenden Fasern als auch zwischen

10

verschiedenen Faserpaaren auftreten. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann auch zum Spleißen von Lichtwellenleitern an optische Bauteile (etwa Chips wie z. B. sogenannte Wellenlängenmultiplexer, Koppler etc. ) verwendet werden. Beim Spleißen von Lichtwellenleitern an optische Bauteile ist sozusagen

15

einer der zu verspleißenden Lichtwellenleiter ein Lichtwellenleiter im optischen Bauteil.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur thermischen Behandlung wenigstens eines Lichtwellenleiters

- 5 - mit einer Strahlungsquelle (3) zur thermischen Behandlung wenigstens eines Lichtwellenleiters (1, 2),  
- mit einem ersten optischen System (10) zur Lenkung eines von der Strahlungsquelle ausgestrahlten Strahls (8) auf den Lichtwellenleiter (1, 2) von einer ersten Seite,  
10 - bei der das erste optische System (10) ein Strahlprofil (4) des Strahls erzeugt, dessen Ausdehnung quer zu einer Längsachse (LA) des Lichtwellenleiters mindestens dem Zweifachen eines Durchmessers (df) des Lichtwellenleiters entspricht,  
- bei der der Lichtwellenleiter (1, 2) in Richtung quer zu  
15 der Längsachse (LA) des Lichtwellenleiters im Fokussierungsbereich des Strahls, innerhalb dessen die Strahlung auf den Lichtwellenleiter trifft, vollständig außerhalb einer Mittenachse (A) des Strahlprofils (4) positioniert ist,  
- mit einem zweiten optischen System (20, 30, 40), das in  
20 Richtung eines Strahlengangs des Strahls hinter dem Lichtwellenleiter (1, 2) positioniert ist, und das eine seitlich an dem Lichtwellenleiter vorbei transmittierte Strahlung (5) reflektiert und auf den Lichtwellenleiter (1, 2) von einer zweiten Seite lenkt.

25

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das zweite optische System (20, 30, 40) so ausgelegt ist, daß  
es das ausgestrahlte Strahlprofil (4) in einer Ebene (xz)  
30 parallel zu einer Längsachse des Lichtwellenleiters andersartig abbildet als in einer Ebene (yz) quer zu der Längsachse des Lichtwellenleiters.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2,

- 35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das zweite optische System (20, 30, 40) so ausgelegt ist, daß  
es das Strahlprofil (4) in der Ebene (xz) parallel zu der



Längsachse des Lichtwellenleiters nicht invertierend abbildet und in der Ebene (yz) quer zu der Längsachse des Lichtwellenleiters invertierend abbildet, insbesondere jeweils im annähernden Verhältnis von 1:1.

5

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite optische System (20) einen Planspiegel (22) und eine asphärische Linse (21), bzw. eine jeweilige analog wirkende Kombination von optischen Elementen, enthält, wobei die Linse zwischen dem Lichtwellenleiter und dem Planspiegel angeordnet ist.

15 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die asphärische Linse (21) zwei unterschiedliche Brennweiten ( $f_x$ ,  $f_y$ ) in der Ebene (xz) parallel und in der Ebene (yz) quer zu der Längsachse des Lichtwellenleiters aufweist.

20 6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Ebene (yz) quer zu der Längsachse des Lichtwellenleiters eine Brennweite ( $f_y$ ) der asphärischen Linse (21) im wesentlichen gleich dem Abstand der Linse zu dem Lichtwellenleiter ist.

25 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß

- das zweite optische System (30) einen Planspiegel (33) und
- 30 zwei Zylinderlinsen (31, 32), bzw. eine jeweilige analog wirkende Kombination von optischen Elementen, enthält,
- die Linsen zwischen dem Lichtwellenleiter und dem Planspiegel angeordnet sind,
- eine erste der Linsen (32) in einer Ebene (xz) parallel und
- 35 eine zweite der Linsen (31) in einer Ebene (yz) quer zu einer Längsachse des Lichtwellenleiters keine Brechkraft aufweist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß

- das zweite optische System (50) einen Planspiegel (53), eine sphärische Linse (51) und eine Zylinderlinse (52), bzw.

5 eine jeweilige analog wirkende Kombination von optischen Elementen, enthält,

- die Linsen zwischen dem Lichtwellenleiter (1, 2) und dem Planspiegel angeordnet sind,

10 - die sphärische Linse (51) in einer Ebene (xz) parallel und in einer Ebene (yz) quer zu einer Längsachse des Lichtwellenleiters die gleiche Brechkraft ( $f_{51x}$ ,  $f_{51y}$ ) und die Zylinderlinse in einer der Ebenen (yz) keine Brechkraft aufweist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8,

15 dadurch gekennzeichnet, daß

in der Ebene (yz) quer der Längsachse des Lichtwellenleiters eine Brennweite ( $f_{32}$ ,  $f_{51y}$ ) einer der Linsen (32, 51) im wesentlichen gleich dem Abstand dieser Linse zu den Lichtwellenleitern ist.

20

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß

25 - das zweite optische System (40) einen in einer Ebene (yz) quer zu einer Längsachse des Lichtwellenleiters konkaven Zylinderspiegel (42) und eine Zylinderlinse (41), bzw. eine jeweilige analog wirkende Kombination von optischen Elementen, enthält,

- die Zylinderlinse zwischen dem Lichtwellenleiter und dem Zylinderspiegel angeordnet ist,

30 - die Zylinderlinse (41) in der Ebene (yz) quer zu einer Längsachse des Lichtwellenleiters keine Brechkraft aufweist, und der Zylinderspiegel (42) in einer Ebene (xz) parallel zu der Längsachse des Lichtwellenleiters plan ist.

35 11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet, daß

in der Ebene (yz) quer zu der Längsachse des Lichtwellenleiters eine Brennweite (f42) des Zylinderspiegels (42) im wesentlichen die Hälfte des Abstands des Zylinderspiegels zu dem Lichtwellenleiter beträgt.

5

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Vorrichtung derart ausgelegt ist, daß mehrere nebeneinander angeordnete Lichtwellenleiter (101 bis 103) parallel  
10 thermisch behandelbar sind, insbesondere mit entsprechend gegenüberliegenden Lichtwellenleitern (201 bis 203) parallel verschweißbar sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12,  
15 dadurch gekennzeichnet, daß  
- ein Abstand (ab) zwischen zwei nebeneinander liegenden Lichtwellenleitern (101, 102; 201, 202) mindestens einem Durchmesser (df) der Lichtwellenleiter entspricht,  
- die Ausdehnung (Wy) des Strahlprofils (4) quer zu einer  
20 Längsachse eines der Lichtwellenleiter im Fokussierungsbereich mindestens der Summe der Durchmesser (df) aller nebeneinander liegender Lichtwellenleiter (101 bis 103; 201 bis 203) und der zwischenliegenden Abstände (ab) entspricht, wobei das Strahlprofil (4) sich über einen äußersten Lichtwellenleiter (103, 203) um eine Länge in Größe mindestens eines  
25 Durchmessers (df) eines der Lichtwellenleiter hinaus erstreckt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß  
- die nebeneinander liegenden Lichtwellenleiter (101 bis 103; 201 bis 203) jenseits einer Mittenachse (A) des Strahlprofils (4) angeordnet sind,  
- die Ausdehnung (Wy) des Strahlprofils quer zu einer Längsachse eines der Lichtwellenleiter im Fokussierungsbereich  
35 mindestens der zweifachen Summe der Durchmesser aller neben-

einander liegender Lichtwellenleiter und der zwischenliegenden Abstände entspricht.

5 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
in einer Ebene (yz) quer zu einer Längsachse des Lichtwellen-  
leiters ein Winkel ( $\alpha$ ) zwischen einer optischen Achse des  
ersten optischen Systems (OA1) und einer optischen Achse des  
zweiten optischen Systems (OA2) vorgesehen ist.

10 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das erste optische System (10) ein diffraktiv wirkendes opti-  
sches Element (11) aufweist.

15 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
- das erste optische System (10) eine optische Komponente  
(11) aufweist, um den Strahl (8) auf die zu verspleißenden  
20 Lichtwellenleiter (1, 2) zu richten,  
- die Vorrichtung eine Antriebseinrichtung (7) für die opti-  
sche Komponente (11) aufweist, wobei die optische Komponente  
mit Hilfe der Antriebseinrichtung derart bewegbar ist, daß  
eine Position des Fokussierungsbereichs des Strahls in Längs-  
25 richtung (70) derselben verschiebbar, insbesondere periodisch  
bewegbar ist.

## Zusammenfassung

## Vorrichtung zur thermischen Behandlung wenigstens eines Lichtwellenleiters

5

Eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung wenigstens eines Lichtwellenleiters weist eine Strahlungsquelle (3) auf. Ein erstes optisches System (3, 10) dient zur Lenkung eines von der Strahlungsquelle ausgestrahlten Strahls (8) auf den Lichtwellenleiter (1, 2) von einer ersten Seite. Das erste optische System (10) erzeugt ein Strahlprofil (4), dessen Ausdehnung quer zu einer Längsachse (LA) des Lichtwellenleiters mindestens dem Zweifachen eines Lichtwellenleiter-Durchmessers (df) entspricht. Der Lichtwellenleiter (1, 2) ist im Fokussierungsbereich des Strahls in Richtung quer zu der Längsachse (LA) des Lichtwellenleiters vollständig außerhalb einer Mittenachse (A) des Strahlprofils (4) positioniert. Ein zweites optisches System (20, 30, 40), das in Richtung eines Strahlengangs des Strahls hinter dem Lichtwellenleiter (1, 2) positioniert ist, reflektiert und lenkt eine seitlich an dem Lichtwellenleiter vorbei transmittierte Strahlung (5) auf den Lichtwellenleiter (1, 2) von einer zweiten Seite. Mit der Erfindung ist es ermöglicht, ein einfaches optisches System bereitzustellen, das die Strahlung aus zwei Richtungen mit annähernd gleicher Leistungsdichte auf den Lichtwellenleiter richtet.

Figur 3

30

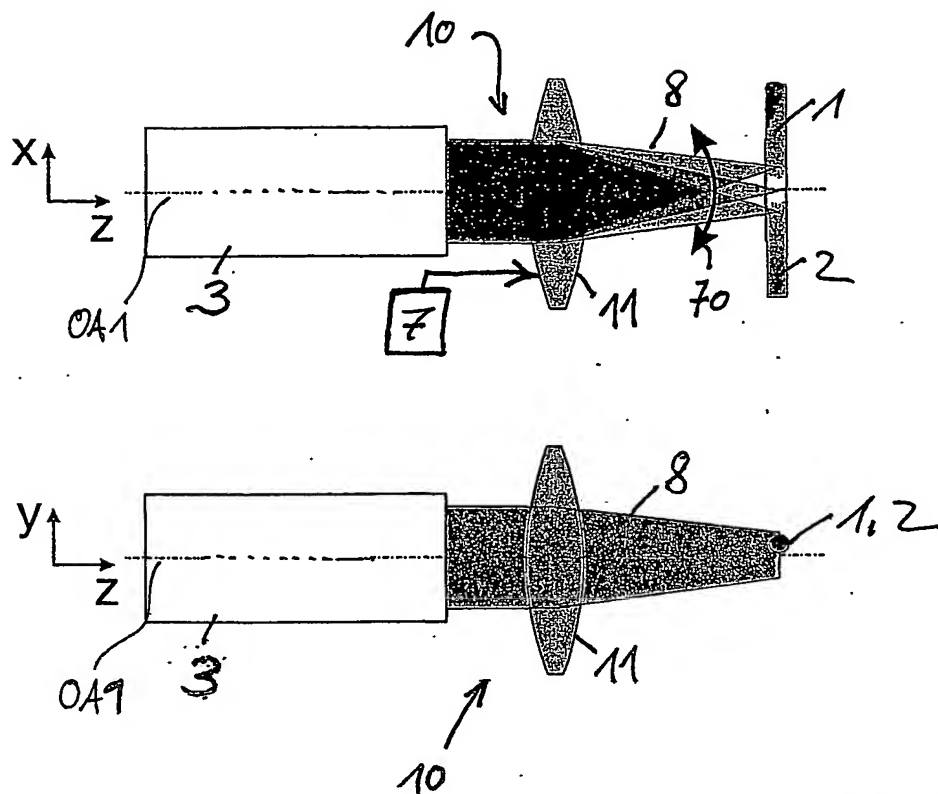


Fig. 1

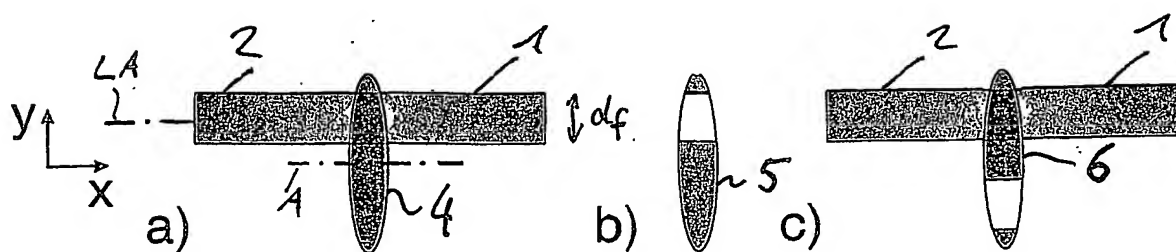
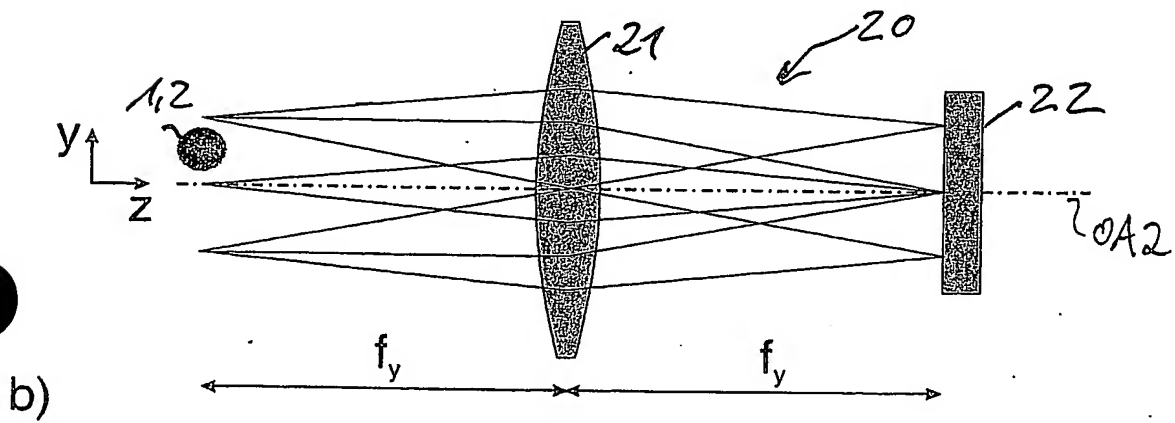
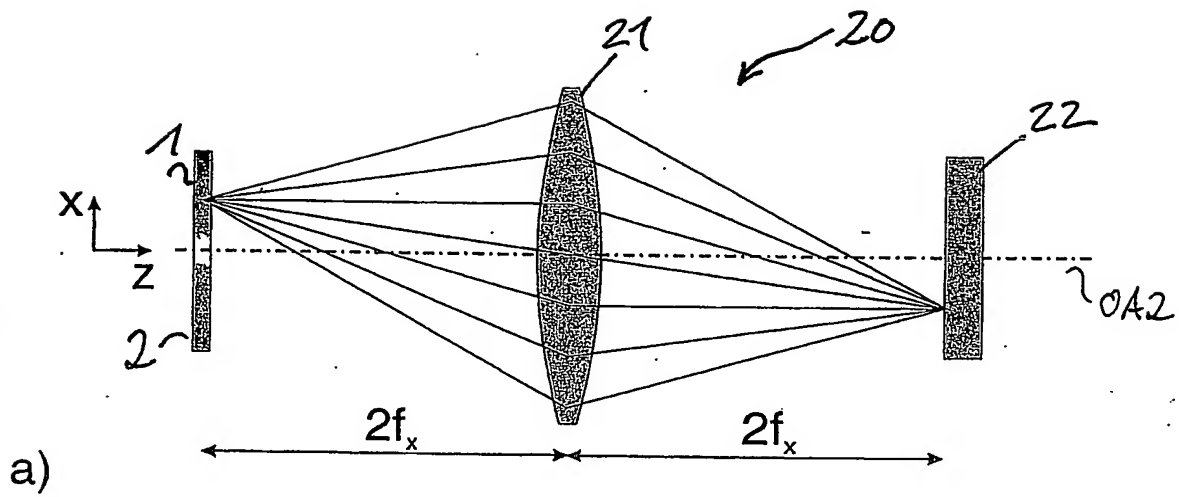


Fig. 2

Fig. 3

3/6

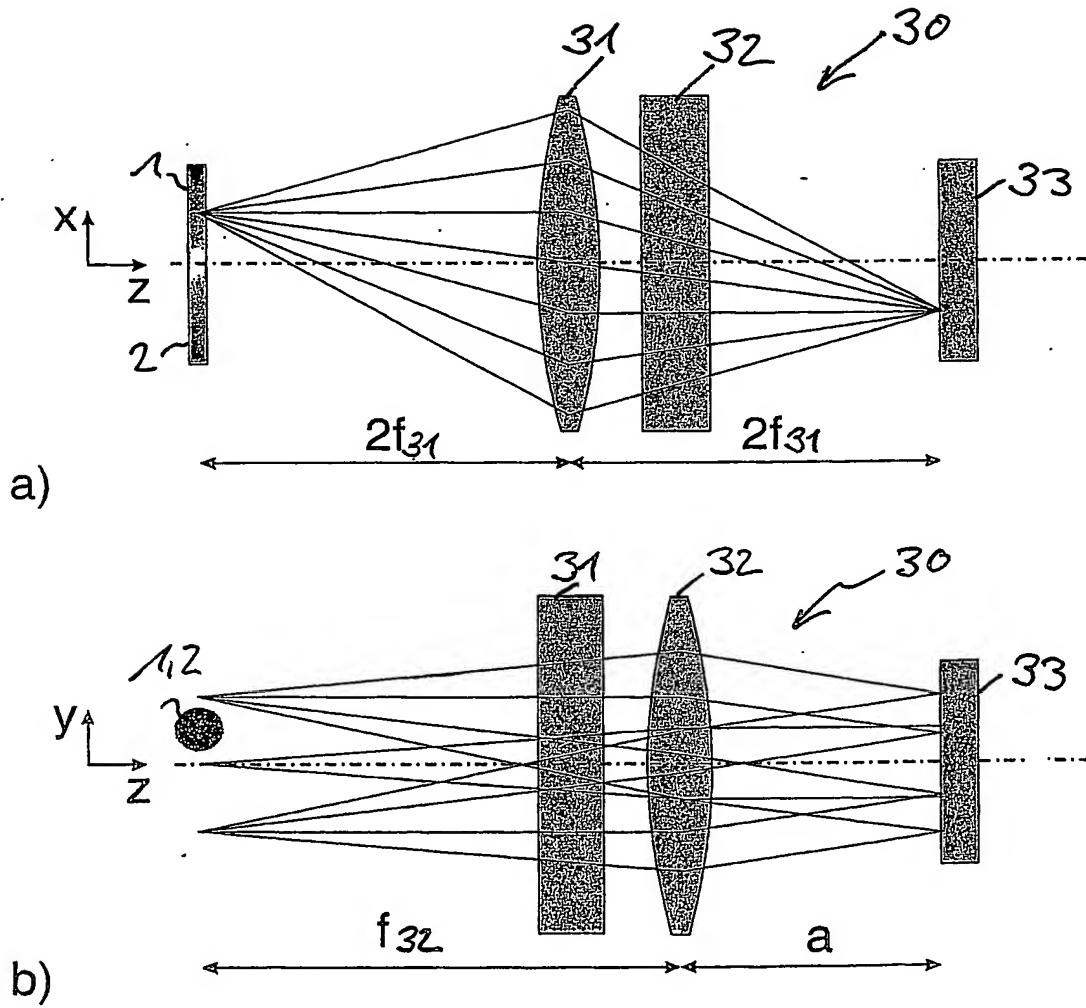
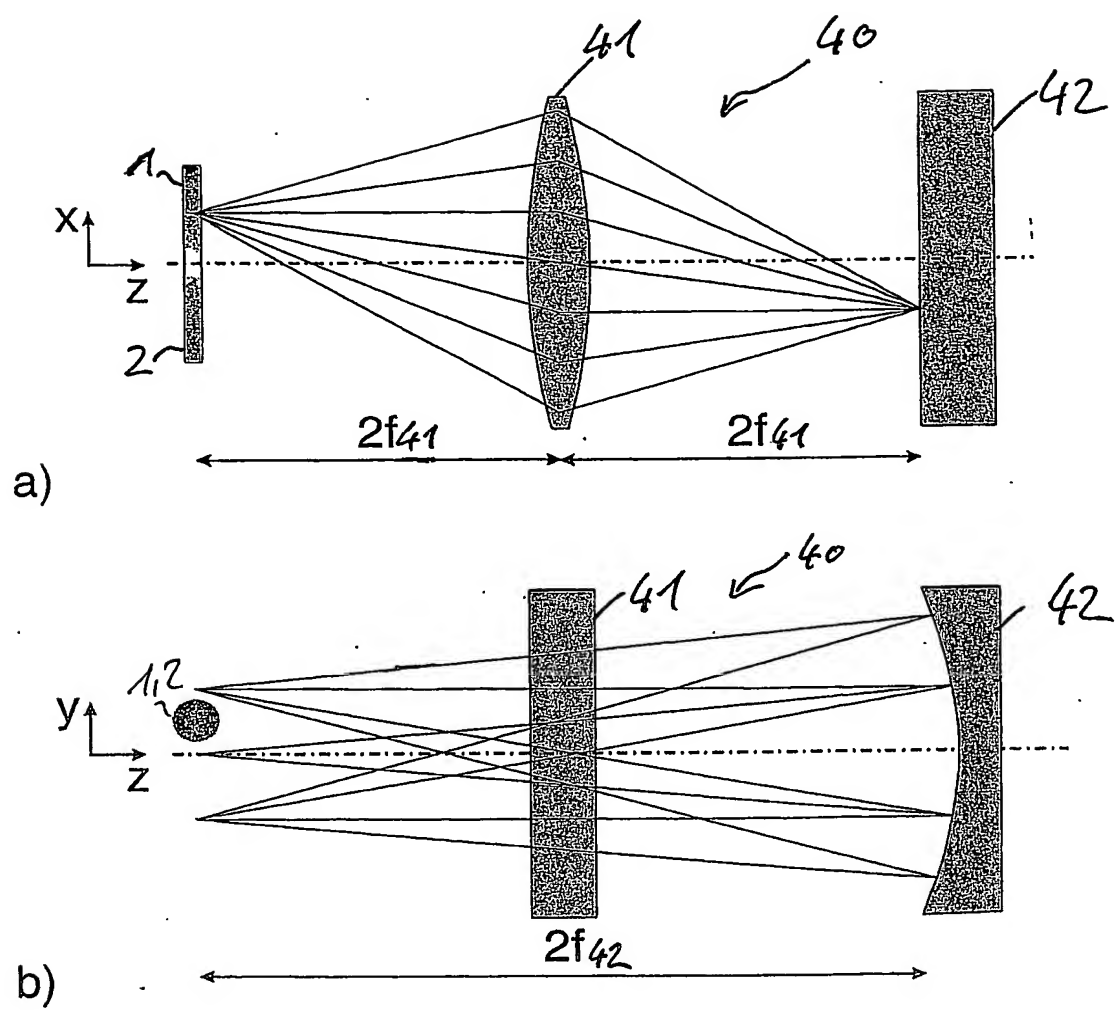


Fig. 4



416



5/6

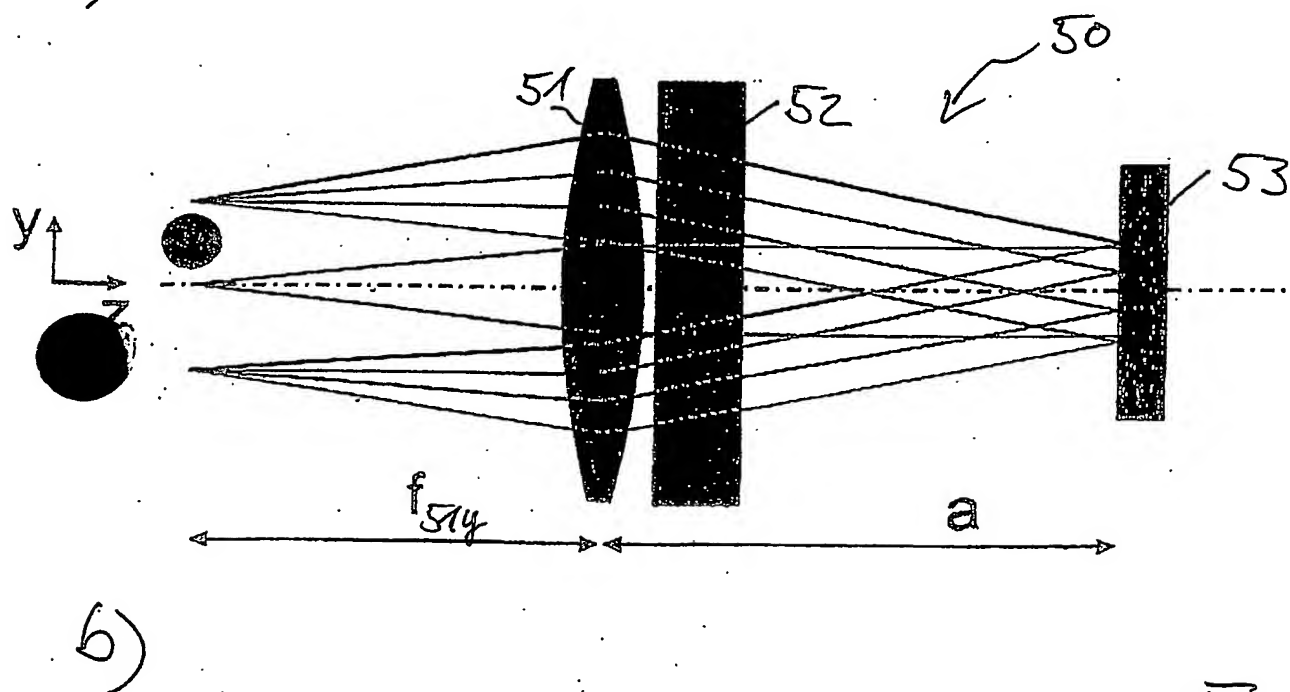
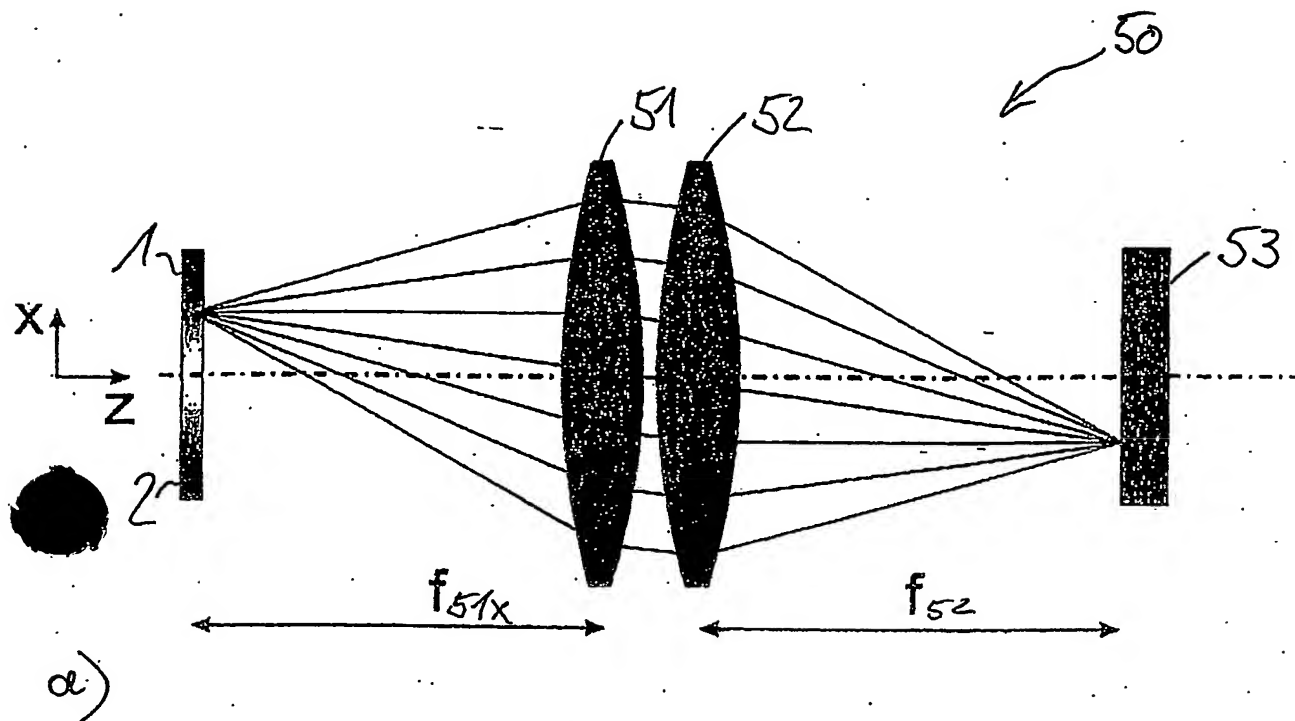


Fig. 6

6/6

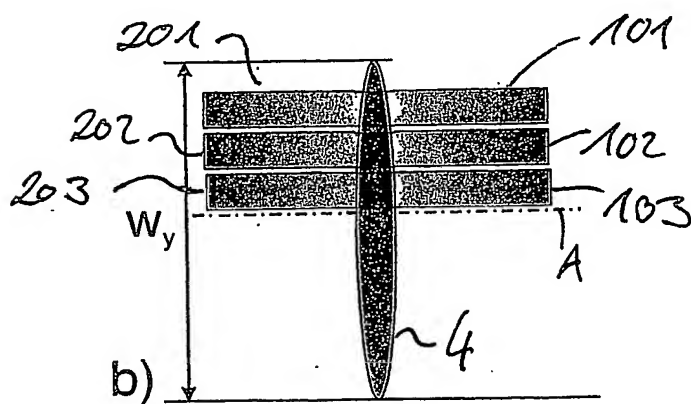
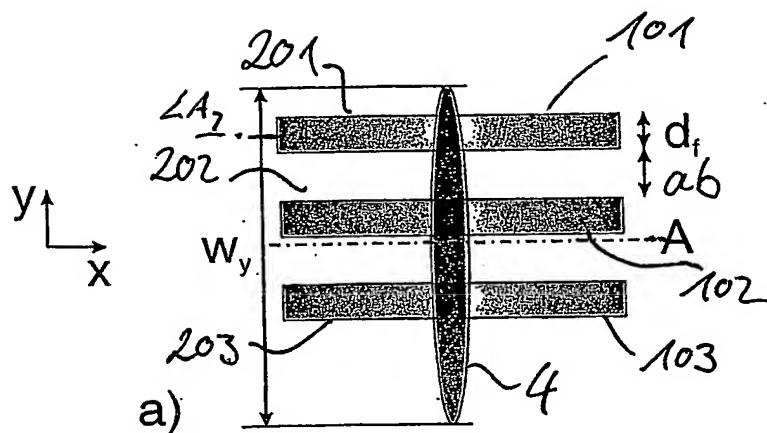


Fig. 7

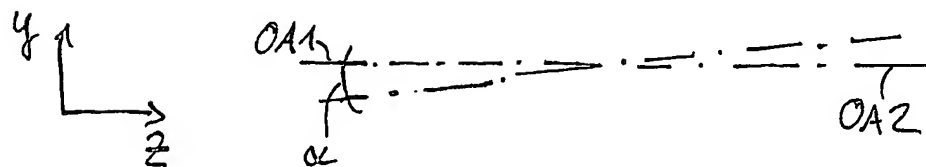


Fig. 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**